



TITLE:

Topographic Relief Correlated Monte Carlo 3D Radiative Transfer Simulator for Forests(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Sheng-Ye, Jin

CITATION:

Sheng-Ye, Jin. Topographic Relief Correlated Monte Carlo 3D Radiative Transfer Simulator for Forests. 京都大学, 2017, 博士(地球環境学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20538>

RIGHT:

京都大学	博士（地球環境学）	氏名	金 晟業
論文題目	Topographic Relief Correlated Monte Carlo 3D Radiative Transfer Simulator for Forests (森林における地形効果を考慮したモンテカルロ3次元放射伝達シミュレータ)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、衛星リモートセンシングを用いた地球環境変動の監視に役立てることを念頭に、森林における地形の反射効果を加味した放射伝達シミュレーション手法を開発し、またシミュレーションに必要とされる森林に関する物理量の計測方法を検討したもので、6章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、地球環境問題における衛星リモートセンシングの役割や、解析の際に必要とされる放射伝達式の理論と問題点を指摘している。それを踏まえて、本論文で提案するモンテカルロに基づく光線追跡法を説明している。</p> <p>第2章は、放射伝達シミュレーションに関連する既存研究を整理し、紹介している。また放射伝達シミュレーションに必要とされる森林に関する物理量の中でも、葉面積指数 (leaf area index: LAI) と葉面積密度 (leaf area density: LAD) に着目し、その推定方法に関する既存研究を整理している。</p> <p>第3章は、モンテカルロに基づく光線追跡法を用いた放射伝達シミュレーションで必要とされる、数学的な知識やモデルを述べている。</p> <p>第4章は、モンテカルロに基づく光線追跡法を用いた放射伝達シミュレーター (Topographic Relief Correlated Monte Carlo 3D Radiative Transfer Simulator: TRCMCRTS) を提案している。今回特に、疎林での二方向反射特性係数(bidirectional reflectance factor: BRF) データの推定を念頭に置き、複数の異なる地形を仮定し、衛星で計測されるBRFデータを計算している。得られた結果を既存の代表的な放射伝達シミュレータと比較し、妥当性を確認している。</p> <p>第5章は、シミュレーションに必要とされる森林に関する物理量の中でも、LAIとLADを推定する手法を述べている。地上写真測量と地上レーザ計測の各々の処理により得られた3次元座標点群から、葉に相当する点群のみを抽出し、LAIやLADを推定する方法である。</p> <p>第6章は結論であり、各章で示された主要な成果をまとめ、さらに考察を加え、本論文で提案する放射伝達シミュレーションの有用性や、その地球環境学に対する貢献や意義を述べている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

気温上昇や海面上昇など、地球環境の変化を報告する研究が相次いでいるが、そのような研究に必要な観測を継続し、データを蓄積する重要性が認識されている。人工衛星を用いた地球観測技術は世界中で確立されつつあるが、物理モデルに基づくシミュレーションを活用することで観測データの解明が一層深まる事例も存在する。本論文は、本衛星リモートセンシングを用いた地球環境変動の監視に役立てることを念頭に、森林における地形の反射効果を加味した放射伝達シミュレーション手法を開発し、またシミュレーションに必要とされる森林に関する物理量の計測方法を検討したものである。

衛星で観測される放射輝度から算出される反射率は、センサー対象物—太陽の幾何学的位置関係によって異なるとする、二方向反射特性関数 (**bidirectional reflectance distribution function: BRDF**) を用いて説明される。このBRDFは、センサ天頂角、センサと太陽の相対方位角を入力パラメータとして、その3次元形状は土地被覆によって大きく異なる。本研究では、モンテカルロに基づく光線追跡法を用いた放射伝達シミュレーターを開発した。その結果、BRDFが土地被覆に依存するという既知の事実に加えて、森林の反射率における地形の影響を定量的に解析できるようになった点が、学術的な貢献と言える。また、地上写真測量や地上レーザ計測を用いて簡便に、シミュレーションで必要とされる樹木の葉に関する物理量を推定する手法を提案している。この点も学術的な貢献であり、放射伝達シミュレーターの幅広い普及に役立つものと考えられる。

地球環境学という観点からは、本研究では衛星画像の解析までには至っていないものの、土地被覆の変化が気候変動に与える影響を衛星リモートセンシングを用いて、より定量的に分析できるようになった点で高く評価できる。さらに、本研究で得られた成果は、更なる地球環境モニタリングの発展に大きく寄与するものである。宇宙航空研究開発機構 (Japan Aerospace Exploration Agency: JAXA) が2017年中に打ち上げを予定している気候変動観測衛星Global Change Observation Mission (GCOM)-Cは、森林を始めとする陸域だけでなく、海洋や大気、雪氷を対象に、近紫外から熱赤外域 ($0.38\ \mu\text{m}\sim 12\ \mu\text{m}$) の複数の波長域で物理量を観測することとなっており、このGCOM-Cでの陸域プロダクトの一つに陸域アルベドが予定されている。その推定方法は多時期に異なるセンサー対象地域—太陽の幾何学的関係で観測された反射率データから、等方散乱、幾何散乱、体積散乱の線形和で表現される経験的BRDFモデルのパラメータを推定し、そのパラメータから陸域アルベドを算出する手法が安定的とされている。本研究はこうした最新の研究の流れに合致し、地形の反射効果を取り込んだBRDFモデルを開発する上での理論的成果を挙げており、将来的には陸域アルベドの推定精度向上に寄与し、ひいては地球観測、地球環境学の進展に貢献するプロダクト生成に貢献しうるものであり、その学術的貢献度は高い。

よって本論文は博士（地球環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成29年2月10日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公開可能日： 平成 年 月 日以降